

OPTIMALISASI PERENCANAAN PONDASI RAKIT PADA BANGUNAN PENDIDIKAN TINGGI

HAFIZH ADHA MUCHTI, DENI IRDA MAZNI*, HAZMAL HERMAN, WENDI BOY

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Farmasi, Sains, dan Teknologi Universitas Dharma Andalas. Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

*Corresponding Author : ✉ deniirdamazni@gmail.com

Naskah diterima : 16 November 2024. Disetujui: 28 Desember 2024. Diterbitkan : 30 Desember 2024

ABSTRAK

Penelitian ini untuk menentukan jenis pondasi yang optimal untuk bangunan pendidikan tinggi dengan perencanaan pondasi rakit. Studi kasus penelitian adalah pembangunan Gedung C, Universitas Dharma Andalas. yang terdiri dari 4 tingkat, 5 lantai. Penelitian ini mencakup perhitungan daya dukung tanah, perencanaan dimensi dan penulangan pondasi, penurunan pondasi, serta estimasi biaya. Metodologi penelitian mengikuti standar SNI, HSP Triwulan II Kota Padang, dan menggunakan software ETABS. Analisis daya dukung tanah berdasarkan metode Meyerhof menggunakan Microsoft Excel, sedangkan pembebanan dianalisis melalui ETABS. Hasil penelitian menunjukkan pondasi rakit yang direncanakan mampu menahan tegangan tanah eksisting sebesar 9,755 t/m², yang berada di bawah daya dukung izin sebesar 39,169 t/m². Tebal pondasi 450 mm, menggunakan tulangan ulir D13 mm dengan jarak 200 mm dan 250 mm. Dimensi sloof yang direncanakan adalah 40 cm x 80 cm dengan tulangan pokok 20D22 mm dan sengkang D10 mm. Analisis penurunan menunjukkan nilai sebesar 46,997 mm (batas izin 100 mm). Estimasi biaya total pembangunan pondasi, adalah Rp 1.673.300.000,00. Pondasi rakit yang direncanakan, mampu menahan beban pada kondisi tanah eksisting dan memenuhi syarat tegangan izin.

Kata kunci : Daya dukung tanah; Pondasi rakit; Analisis Meyerhoof; Estimasi biaya

1. PENDAHULUAN

Pondasi bagian dari sistem rekayasa yang meneruskan dan menopang beban di atasnya serta beratnya sendiri ke tanah dan batuan di bawahnya. Kondisi tanah di bawah struktur sangat berkaitan dengan perilaku tanah saat menerima beban (Murdiaman et al., 2022). Pondasi harus mampu menopang beban bangunan dan bertahan dari tekanan eksternal seperti angin, gempa, dan faktor lainnya (Kurniasari, 2018). Secara umum, pemilihan jenis pondasi didasarkan pada faktor teknis, ekonomis, dan lingkungan. Kompleksitas perilaku tanah mendorong para ahli untuk terus mencari solusi yang tepat dalam merancang sistem pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah. Penurunan pondasi juga menjadi perhatian

penting, terutama pada pondasi tiang, yang memiliki potensi penurunan signifikan berdasarkan panjang tiang (Putra et al., 2022).

Pondasi rakit, atau *Raft Foundation*, adalah pelat beton besar yang menopang kolom di atas tanah. Pondasi ini umumnya digunakan pada tanah lunak untuk mengatasi masalah penurunan dengan mengatur berat bangunan agar mendekati berat tanah yang digali (Bowles, 1979 dalam Hakam, 2008). Menurut Srihandayani (2019), daya dukung pondasi sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, yang berdampak signifikan pada stabilitas struktur. Penelitian Rismalinda (2015) menunjukkan bahwa semakin tinggi berat jenis tanah, semakin besar daya dukung pondasi, terutama pada pondasi dangkal.

Gedung C Universitas Dharma Andalas di Padang, yang berfungsi sebagai ruang perkuliahan dan laboratorium, saat ini berdiri di atas pondasi tiang dengan empat tingkat dan lima lantai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pondasi rakit sebagai alternatif yang lebih optimal dan efisien dibandingkan pondasi tiang. Optimasi pondasi rakit dilakukan dengan mempertimbangkan parameter daya dukung tanah, distribusi beban struktur, dan efisiensi biaya konstruksi, sesuai dengan pendekatan yang dijelaskan dalam studi terbaru (Katzenbach et al., 2016; Das & Sivakugan, 2020). Evaluasi mencakup keamanan terhadap penurunan, stabilitas, gaya angkat, dan geser, serta analisis daya dukung, dimensi, dan perencanaan penulangan pondasi. Seluruh proses perancangan mengikuti standar SNI terkini, termasuk SNI 8460:2017, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan praktis dalam implementasi pondasi rakit pada gedung bertingkat.

1.1. Preliminary Balok Sloof

Berdasarkan SNI 2847:2019 halaman 119 tentang tebal minimum balok sloof non-prategang dan pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung, maka dimensi balok sloof bisa direncanakan seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1. Tebal minimum balok non -prategang

Kondisi Perletakan	Minimum, <i>h</i>
Perletakan Sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Kemudian balok sloof akan memasuki tahapan perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser berdasarkan SNI 2847:2019.

1.2. Perencanaan Pondasi Rakit

Perencanaan pondasi rakit didasari pada perhitungan pelat lantai dengan metoda koefisien momen berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971. Perhitungan tersebut dilakukan dengan beberapa tahapan, yang utama yaitu menghitung momen pada pelat pondasi menggunakan persamaan berikut:

$$M_u = 0,001 \times q_{ult} \times Lx^2 \times (X) \quad (1)$$

Kemudian perhtungan diikuti dengan beberapa tahapan seperti menghitung momen nominal, rasio tulangan, jumlah tulangan, jarak antar tulangan, dan dimensi tulangan.

1.2.1. Daya Dukung Pondasi Rakit

Menurut Braja M. Das, (2002), dalam bukunya menjelaskan bahwa daya dukung bersih pondasi rakit yang berdiri diatas endapan tanah granular dapat ditentukan secara memadai dengan data hasil pengujian SPT sebagai berikut.

$$q_{\text{net}} = \frac{N_{60}}{0.08} \left(\frac{B+0.3}{B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_c}{25} \right) \quad (2)$$

Dimana:

N ₆₀	:	Nilai Standar Penetrasi
B	:	Lebar Pondasi (m)
F _d	:	$1 + 0.33 (D_f/B) \leq 1.33$
S _c	:	Penurunan yang diharapkan (mm)

1.2.2. Penurunan Pondasi Rakit

Pondasi rakit biasanya digunakan dimana penurunan tanah merupakan masalah utama. Contoh dimana lapisan tanah banyak mengandung tanah endapan dari material yang sangat kompresibel, atau terdapat lensa dari material batuan besar setempat-setempat.

Nilai penurunan total dan penurunan diferensial yang diizinkan pada pondasi rakit dan pondasi telapak dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Perbandingan penurunan izin pada pondasi telapak dan pondasi rakit

Faktor Pembatas	Nilai Batas Penurunan (mm)
Drainase	150 – 300 mm
Akses	300 – 600 mm
Tembok Pasangan Batu	25 – 50 mm
Struktur Rangka	50 – 100 mm
Silo, Pondasi Rakit, Cerobong Asap	75 – 300 mm

Sumber: Hakam, (2008)

Penurunan pondasi dapat dihitung dengan metode usulan meyerhoof dalam Braja M Das, (2002), yang mana metode ini memungkinkan untuk menghitung penurunan hanya dengan data N-spt.

$$S_e(\text{mm}) = \frac{2q_{\text{net}}(\text{kN/m}^2)}{N_{60} \cdot F_d} \left(\frac{B}{B+0.3} \right)^2 \quad (3)$$

$$S_{e(\text{rigid})}(\text{mm}) = 0.93 S_e \quad (4)$$

$$S_{e\text{Total}}(\text{mm}) = S_e + S_{e(\text{rigid})} \quad (5)$$

N ₆₀	:	Nilai Standar Penetrasi
B	:	Lebar Pondasi (m)
F _d	:	$1 + 0.33 (D_f/B) \leq 1.33$
S _e	:	Penurunan yang diharapkan (mm)

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tahap Pelaksanaan

Penelitian ini menggunakan data sekunder (data tanah, dimensi eksisting, dan Gambar Rencana) dan data primer yang diolah (Pembebanan Struktur) sesuai dengan SNI-

1727:2020 dan PPIUG, 1983. Penghitungan tegangan tanah di dasar pondasi rakit penting dalam perencanaan struktural untuk menentukan daya dukung tanah, stabilitas pondasi, dimensi pondasi, dan distribusi beban. Perhitungan tersebut memerlukan data tanah dan pembebanan struktural. Selanjutnya, daya dukung tanah terhadap pondasi rakit dihitung untuk menentukan kemampuan tanah mendukung beban struktural. Langkah selanjutnya adalah menghitung penurunan pondasi dan menganalisis gaya angkat untuk memastikan kestabilan struktur. Perencanaan dimensi dan penulangan pondasi rakit dilakukan dengan merencanakan ketebalan 30 cm dan sloof sebagai pengaku struktural. Estimasi biaya pondasi rakit untuk Gedung C Universitas Dharma Andalas dilakukan dengan mengacu pada HSP Kota Padang Triwulan III. Hasil perhitungan dianalisis untuk memastikan kesesuaian dengan rencana dan persyaratan yang berlaku. Analisis ini menentukan apakah jenis pondasi yang direncanakan sesuai untuk bangunan tersebut.

2.2. Kondisi Tanah Eksisting

Dari hasil pengujian standar penetrasi (SPT), diperoleh klasifikasi jenis tanah beserta nilai N pada lokasi perencanaan pondasi rakit, seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi jenis tanah dan nilai N-spt.

Kedalaman (m)	Kode	Klasifikasi Jenis Tanah	N
0,00 - 1,00	GM	Kerikil Lanauan	30
1,00 - 2,00	GM	Kerikil Lanauan	60
2,00 - 4,00	SM	Kerikil lanauan dengan kerikil	60
4,00 - 6,00	GP-GM	Kerikil bergradasi buruk dengan pasir dan lanauan	60
6,00 - 8,00	GM	Kerikil lanauan dengan pasir	60
8,00 - 10,00	SM	Pasir lanauan	47
10,00 - 12,00	SM	Pasir lanauan	54
12,00 - 14,00	ML	Lanau pasiran	8
14,00 - 16,00	SM	Pasir lanauan dengan kerikil	49
16,00 - 18,00	SM	Pasir lanauan	45
18,00 - 30,00	SP	Pasir bergradasi buruk	45 - 38

Sumber: Laporan Pengujian Tanah oleh UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi, Bina Marga, Cipta Karya dan Tata Ruang, Pemerintahan Prov. Sumatera barat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Setelah dilakukan perhitungan beban pada masing-masing taraf, selanjutnya dihitung nilai beban ultimate (P_u) dengan menggunakan persamaan $1,2 DL + 1,6 LL$, yang mana DL merupakan total beban mati (2074776.7 Kg) dan LL merupakan total beban Hidup (715046.4 Kg). Sehingga,

$$\begin{aligned}
 W_{total} &= 1,2 DL + 1,6 LL \\
 &= 3633806.262 \quad (\text{Kg}) \\
 &= 3633.806 \quad (\text{ton})
 \end{aligned}$$

3.2. Estimasi Perioda Struktur

Berdasarkan data yang diperoleh dari <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021> dapat ditentukan kategori desain seismik (KDS) dengan mengacu pada tabel 8 dan tabel 9 pada SNI 1726:2019 yang disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Klasifikasi situs tanah gedung c univeritas dharma andalas padang

Kategori Resiko Gedung	II
Klasifikasi Situs	SC (Tanah Keras, Batuan Lunak)
Kategori Desain Seimik	D (Rawan Gempa)
S_{DS} dan S_{D1}	1.041 g dan 0.586 g
Sistem Struktur yang Digunakan	Kombinasi SRPMK.

3.3. Perhitungan Beban Gempa

Pada poin sebelumnya sudah diperhitungkan dan ditentukan kalsifikasi situs tanah pada area perencanaan. Dari tabel 4, sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Berdasarkan SNI 1726:2019 perhitungan beban gempa dirumuskan sebagai berikut.

Geser dasar seismic:

$$V = C_s \times W \quad (6)$$

Perhitungan gaya lateral ekuivalen menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = C_{vx} \cdot V \quad (7)$$

Sehingga setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil beban gempa (lateral ekivalen) seperti pada Tabel 5.

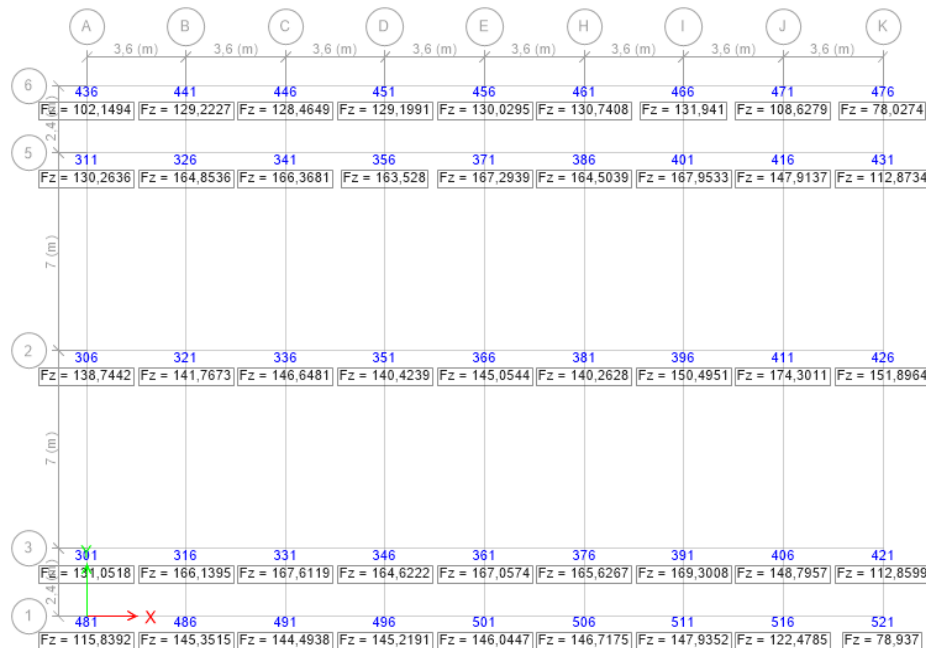
Tabel 5. Gaya gempa lateral f_x dan f_y

Lantai	Tinggi Lantai (Z_x)		Lateral (F_x)	Geser (V_x)	F_x Distribusi Arah X	F_x Distribusi Arah Y
	Z_i (m)	Z_i^k	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
5	14.4	14.4	211953.227	211953.227	42390.645	23550.359
4	10.8	10.8	166279.700	378232.927	33255.940	18475.522
3	7.2	7.2	110853.133	489086.060	22170.627	12317.015
2	3.6	3.6	55347.915	544433.975	11069.583	6149.768
1	0	0	0.000	544433.975	0.000	0.000
Total			544433.975		108886.795	60492.664

Kemudian akan di inputkan bersama dengan beban mati (Dead Load) dan Beban Hidup (Live Load) kedalam software ETABS. Output yang diperoleh dari ETABS nantinya akan digunakan untuk memperoleh nilai axial force yang ditampung pada kolom terbawah.

3.4. Berat Bangunan Yang Dipengaruhi Gaya Gempa (Output ETABS)

Berat bangunan yang sudah dipengaruhi gaya gempa merupakan berat struktur yang dipikul oleh kolom terbawah, dan dipengaruhi oleh gaya lateral akibat beban gempa. Setelah dimodelkan dengan menggunakan software ETABS, diperoleh beban aksial (Fz) seperti pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Beban Aksial Dipikul Masing-masing Kolom Gedung C Universitas Dharma Andalas (Plan View). Sumber: ETABS v.18

Dalam hal perencanaan pondasi rakit beban aksial yang ditinjau adalah jumlah beban aksial yang dipikul keseluruhan kolom pada bangunan, hasil yang diperoleh pada gambar 1 kemudian direkap dan ditotalkan sehingga diperoleh hasil Fz total yaitu sebesar

$$Fz \text{ Total} = 6369.6299 \text{ Ton}$$

3.5. Perencanaan Balok Sloof

Data Soof:

Panjang Sloof	L	=	7200	mm
Mutu Beton	K	=	350	kg/cm ²
	fc'	=	29,05	MPa
Mutu Baja	fy	=	390	MPa

Berdasarkan SNI 2847:2019 halaman 119 tentang tebal minimum balok sloof non-prategang dan pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung, maka dimensi balok sloof bisa direncanakan sebagai berikut.

a. Balok Sloof

$$h = L/16$$

$$\text{dibulatkan} = 450 \text{ mm}$$

b. Lebar Balok Sloof

$$\begin{array}{rclclcl} 1/2 h & \leq & bw & \leq & 2/3 h \\ 225 & \leq & 300 & \leq & 300 \end{array}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh $b \times h = 300 \times 450 \text{ mm}$

c. Inersia Balok Sloof dan Kolom**a. Inersia Sloof 30 cm x 45 cm**

$$\begin{aligned} I_{\text{sloof}} &= 1/12 \times b \times (h)^3 \\ &= 2278125000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

b. Inersia Kolom 40 cm x 60 cm

$$\begin{aligned} I_{\text{kolom}} &= 1/12 \times b \times (h)^3 \\ &= 7200000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

d. Kekakuan Balok Sloof dan Kolom**a. Kekakuan Sloof 30 cm x 45 cm**

$$\begin{aligned} K &= I / L \\ &= 345170.4545 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

b. Kekakuan Kolom 40 cm x 60 cm

$$\begin{aligned} K &= I / L \\ &= 2000000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

e. Kontrol Penampang Balok Sloof

Karena Dimensi penampang tidak memenuhi, yang mana kekakuan *sloof* lebih kecil daripada kekakuan kolom, maka dimensi sloof harus ditingkatkan. Dalam perencanaan ini dimensi *sloof* ditingkatkan menjadi 400 x 800 mm. dengan inersia sebesar 17066666667 mm⁴, dan kekakuan sebesar 2370370.37 mm³. Dengan demikian kekakuan ***sloof* > kekakuan Kolom**, maka dimensi balok *sloof* 400 x 800 dianggap **memenuhi**.

Setelah dilakukan perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser pada balok *sloof*, maka berdasarkan SNI 2847:2019 tulangan pada balok *sloof* sebagai berikut (Tabel 6).

Tabel 6. Dimensi tulangan balok sloof.

Tulangan	Dimensi
Tulangan Tarik dan Tekan	20D22mm
Sengkang Tumpuan	D10 – 150mm
Sengkang Lapangan	D10 – 250mm

3.6. Perencanaan Pelat Pondasi Rakit

Langkah awal yang dilakukan untuk merencanakan pondasi rakit yaitu merencanakan dimensi pondasi. Dimensi pondasi rakit dapat direncanakan dengan beberapa tahapan berikut.

$$\begin{aligned}
 q_{\text{kontak}} &= \frac{P_u}{A} \\
 &= \frac{6369.6299}{(30.8 \times 21.2)} \\
 &= 9.755 \quad \text{t/m}^2
 \end{aligned}$$

a. Menghitung tegangan izin.

Data Parameter Tanah.

$$\begin{aligned}
 N &= 30 \\
 B &= 21.2 \quad \text{m} \\
 L &= 30.8 \quad \text{m} \\
 D_f &= 1 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Dari data parameter tanah diatas maka dapat dihitung daya dukung tanah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F_d &= 1 + 0.33 (D_f/B) = 1.016 \\
 q_{\text{net}} &= \frac{N_{60}}{0.08} \left(\frac{B+0.3}{B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_c}{25} \right) \\
 &= \frac{30}{0.08} \left(\frac{21.2+0.3}{21.2} \right)^2 1.016 \left(\frac{25}{25} \right) \\
 &= 391.692 \quad \text{kN/m}^2 \\
 &= 39.928 \quad \text{t/m}^2
 \end{aligned}$$

Cek Tegangan

$$\begin{aligned}
 q_{\text{kontak}} &< q_{\text{all}} = q_{\text{net}} \\
 9.755 \text{ t/m}^2 &< 39.928 \text{ t/m}^2 \quad \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

b. Cek Ketebalan Pelat Pondasi Rakit

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \\
 V_u &= P_u + W_{\text{sloof}} \\
 &= 6476.0747 \quad \text{ton} \\
 &= 6476074.7 \quad \text{Kg} \\
 &= 660150.3 \quad \text{N} \\
 V_u / \phi &= 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \\
 V_u &= \phi \times 1/3 \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \\
 660150.3 &= 0.75 \times 0.33 \times \sqrt{29.05} \times (200 + 4d) \times d \\
 660150.3 &= 1.334 (200d + 4d^2) \\
 660150.3 &= 266.8d + 5.336d^2 \\
 5.336d^2 + 269.4d - 660150.3 &= 0 \\
 d_1 &= -377.88164 \\
 d_2 &= 327.39438
 \end{aligned}$$

Nilai d yang diambil dalam perencanaan pelat pondasi rakit ini adalah:

$$d = 327.39438 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Dalam SNI-2847:2019 selimut beton (d') untuk pelat yang berada dibawah permukaan tanah yaitu 75 – 100 mm.

$$d' = 100 \text{ mm}$$

Maka,

$$\text{Tebal (h)} = d + d'$$

$$= 350 \text{ mm} + 100 \text{ mm}$$

$$= 450 \text{ mm}$$

Maka dimensi pondasi direkapitulasi seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 30.8 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 21.2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 0.45 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Cek Tegangan Geser 2 arah Pelat Pondasi Rakit

$$\begin{aligned}q_{\text{ponds}} &= \frac{P_u}{A_{\text{ponds}}} \\ P_u &= P_u + W_{\text{sloof}} + W_{\text{pelat}} + W_{\text{timbunan}} \\ &= 7497.28 \text{ ton} \\ A_{\text{ponds}} &= (200+4d) d \\ &= 70.49 \text{ m}^2 \\ q_{\text{ponds}} &= 106.359 \text{ ton/m}^2 \\ q_{\text{ponds izin}} &= 0,65 \sqrt{\sigma_{\text{BK}}} \\ &= 12.16038651 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 121.6038651 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

* σ_{BK} adalah mutu beton dalam K (PBI,1971 Hal : 147)

Cek tegangan geser

$$\begin{aligned}q_{\text{ponds}} &< q_{\text{ponds izin}} \\ 106.359 \text{ ton/m}^2 &< 121.604 \text{ ton/m}^2 \text{ memenuhi}\end{aligned}$$

d. Menghitung q Pelat

$$\begin{aligned}q &= q_{\text{kontak}} - W_{\text{pelat}} - W_{\text{timbunan}} \\ &= 8.22 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Dalam merencanakan tulangan pondasi, digunakan nilai $q = 8,30 \text{ t/m}^2$.

Setelah diperoleh dimesi serta tegangan geser yang sudah memenuhi, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan tulangan pondasi rakit dengan menggunakan metode koefisien momen berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971. Setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh dimensi tulangan berdasarkan area tinjauan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi penulangan pondasi

AreaTinjauan	Arah	Tulangan
7.2 m x 3.6 m	Arah X	D13 – 200
7.2 m x 3.6 m	Arah Y	D13 – 250
3.6 m x 2.4 m	Arah X	D13 – 200
3.6 m x 2.4 m	Arah Y	D13 – 250

Untuk keseragaman tulangan dari area tinjauan 7,2 m x 3,6 m dan 3,6 m x 2,4 m, maka digunakan D13mm – 200mm untuk arah X dan D13 – 250mm untuk arah Y seperti pada tabel dibawah ini.

3.7. Analisa Penurunan Pondasi Rakit

$$\begin{aligned}
 F_d &= 1.016 \\
 B &= 21.200 \quad \text{m} \\
 q_{\text{net}} &= 391.692 \quad \text{kN/m}^2 \\
 &= 39.169 \quad \text{t/m}^2 \\
 Se_{\text{max}} &= 100 \\
 Se &= \frac{2q_{\text{net}}(\text{kN/m}^2)}{N60 \cdot F_d} \left(\frac{B}{B+0.3} \right)^2 \\
 &= 24.3506 \\
 Se_{\text{rigid}} &= 0,93 Se \\
 &= 22.646 \\
 Se_{\text{total}} &= Se + Se_{\text{rigid}} \\
 &= 46.997
 \end{aligned}$$

Pengecekan

$$\begin{aligned}
 \text{total} & \quad Se_{\text{max}} \\
 .997 \text{ mm} & \quad 100\text{mm memenuhi}
 \end{aligned}$$

3.8. Estimasi Anggaran Biaya Pondasi Rakit.

RAB berfungsi untuk memberi gambaran jumlah biaya yang diperlukan untuk Pekerjaan. Perhitungan RAB adalah perkalian antara volume Pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. RAB ini menghitung material struktur bawah pada Gedung C Universitas Dharma Andalas Padang.

Setelah dilakukan perencanaan dimensi serta tulangan pada pondasi rakit dan sloof yang digunakan, kemudian dihitung estimasi anggaran biaya. Hasil dari perhitungan estimasi anggaran biaya untuk pondasi rakit, maka diperoleh total biaya yang dibutuhkan yaitu Rp. 1,673,300,000.00; (Satu Miliar Enam Ratus Tujuh Puluh Tiga Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah) termasuk 11% PPN.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, pondasi yang direncanakan telah terbukti mampu menahan tegangan yang terjadi pada tanah kondisi eksisting. Daya dukung tanah yang diizinkan sebesar 39,169 t/m², sedangkan tegangan yang terjadi hanya 9,755 t/m², menunjukkan bahwa tanah mampu menopang seluruh beban yang dihasilkan dan memenuhi syarat karena lebih rendah dari tegangan izin. Jenis pondasi rakit yang direncanakan adalah pondasi rakit dengan sloof sebagai pengaku pelat pondasi. Dengan ketebalan pondasi 450 mm dan tulangan D13 mm – 200 mm untuk arah x dan D13 mm – 250 mm untuk arah y. Dimensi sloof yang direncanakan adalah 40 cm x 80 cm dengan tulangan pokok 20D22 mm pada kondisi tarik maupun tekan, serta tulangan Senggang area tumpuan D10 mm – 150mm, area lapangan D10 mm – 250 mm. Penurunan pondasi yang diprediksi sebesar 46.997 mm, masih memenuhi syarat karena jauh di bawah batas penurunan izin sebesar 100 mm. Gaya angkat pondasi sama dengan tegangan yang terjadi pada dasar pelat pondasi rakit, yaitu 9,755 t/m². Setelah perencanaan dimensi dan tulangan pondasi rakit serta sloof, estimasi anggaran biaya dilakukan. Total biaya yang dibutuhkan untuk pondasi rakit, termasuk 11% PPN, adalah Rp. 1,673,300,000.00.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada LPPM dan Laboratorium Teknik Sipil Unidha Unidha yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M Das. (2002). Principles of Foundation Engineering. In McGraw-Hill handbooks.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2020). Principles of Foundation Engineering (9th ed.). Cengage Learning.
- Fernando, N. (2019). Perencanaan Ulang Gedung FMIPA Universitas Negeri Padang Dengan Struktur Beton Bertulang. Skripsi.
- Hakam, D. I. A. (2008). Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa Dan Praktisi. April 2008, 240.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). Analisa dan Perancangan Fondasi Bagian 1.
- Katzenbach, R., Arslan, U., & Moormann, C. (2016). Foundation Systems for High-Rise Buildings. *Procedia Engineering*, 158, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.414>
- Kurniasari, R. S. (2018). Analisis Penggunaan Struktur Pondasi Sarang Laba- Laba Pada Konstruksi Gedung Bertingkat. Skripsi. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=119374333&site=ehost-live&scope=site%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.032%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2017.03.010%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.08.006>
- Murdiawan, J., Basirun, & Pangestu, G. A. (2022). Perencanaan Struktur Bawah Dengan Kombinasi Pondasi Rakit Dengan Pile Cap Menggunakan Pondasi Tiang Bored Pile Pada Gedung Umk 10 Lantai Wilayah Klaten. *Structure (Jurnal Sipil)*, 2(2), 39. <https://doi.org/10.31000/civil.v2i2.6999>
- Panguriseng, D., & Sariman, S. (2022). Rekayasa Pondasi Dangkal. <https://www.researchgate.net/publication/367220328>
- PBI. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 7, 130.
- PPIUG-1983. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.
- Rismalinda, R. (2015). Analisa Pengaruh Berat Isi Pasir Terhadap Daya Dukung Fondasi Dangkal Berbentuk Segi Tiga. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 131 - 145. <https://doi.org/10.31849/siklus.v1i2.198>
- SNI-1727. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727-2020. Badan Standarisasi Nasional 1727:2020, 8, 1–336.
- SNI 2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019, 8, 720.
- Solikhati, Y. (2011). Pengertian Dan Macam Pondasi. *Konstruksi Bangunan*, 1–7. [http://eprints.umm.ac.id/46965/3/BAB II.pdf](http://eprints.umm.ac.id/46965/3/BAB%20II.pdf)
- Sollar, J. P. P., Balamba, S., Sarajar, A. N., & Mandagi, A. T. (2019). Pengaruh Tebal Plat Pada Daya Dukung Pondasi Rakit Di Tanah Pasir Dan Tanah Lempung Akibat Beban Aksial Statis. *Jurnal Tekno*, 17(72), 65–70.
- Srihandayani, S., Abrar, A., & Indrawan, S. (2019). Stabilisasi Ion Exchange Untuk Meningkatkan Daya Dukung Subgrade di Kota Dumai. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 63-69. <https://doi.org/10.31849/siklus.v5i2.3236>